

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 12 月 24 日 (24.12.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/106960 A1

(51) 国際特許分類⁷: G01M 13/04, G01H 17/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/06652

(22) 国際出願日: 2003 年 5 月 28 日 (28.05.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-160752 2002 年 5 月 31 日 (31.05.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒730-8701 広島県 広島市 中区小町 4 番 3 3 号 Hiroshima (JP). NTN 株式会社 (NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒550-0003 大阪府 大阪市 西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号 Osaka (JP). 新川センサ

テクノロジー株式会社 (SHINKAWA SENSOR TECHNOLOGY, INC.) [JP/JP]; 〒102-0083 東京都 千代田区 麹町 4 丁目 3-3 新麹町ビル 3 階 Tokyo (JP).

(71) 出願人 および

(72) 発明者: 岩壺 卓三 (IWATSUBO, Takuzo) [JP/JP]; 〒657-8501 兵庫県 神戸市 灘区六甲台町 1 丁目 1 番 神戸大学内 Hyogo (JP).

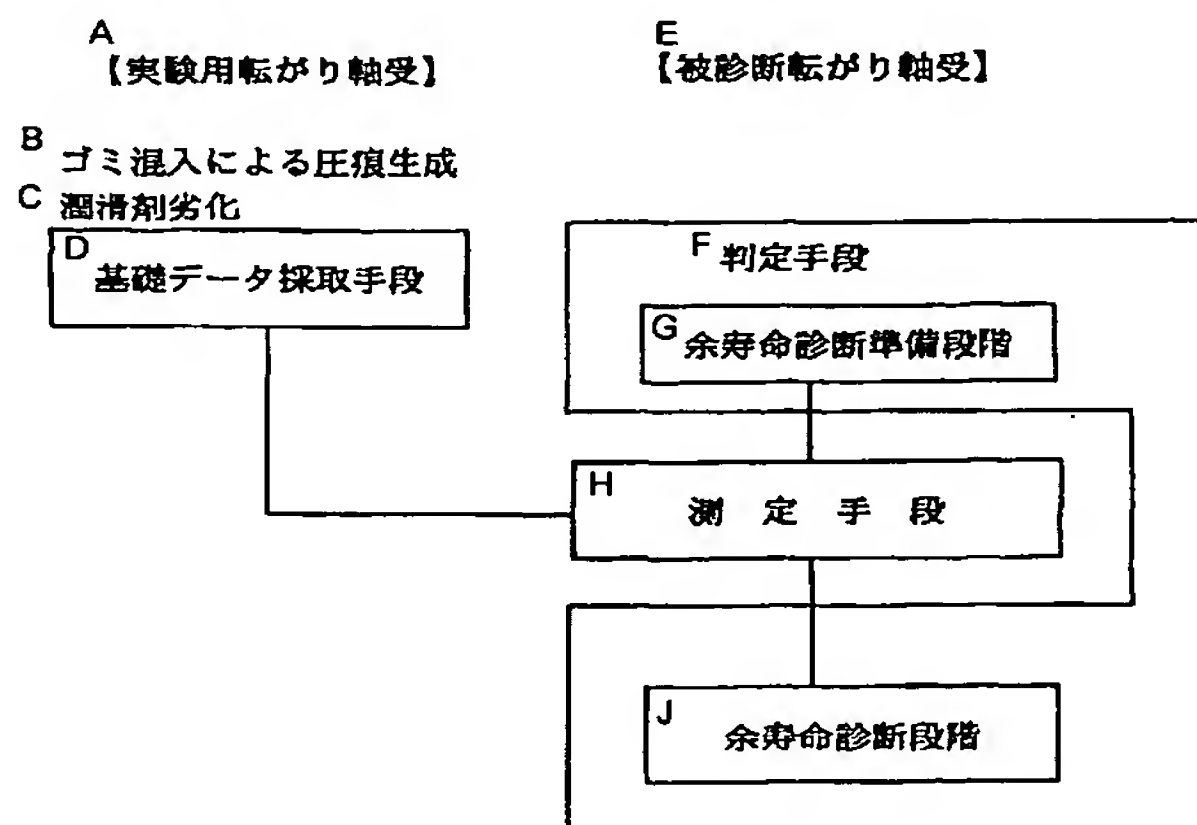
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 四郎丸 功 (SHIROMARU, Isao) [JP/JP]; 〒730-8701 広島県 広島市 中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 田中 誠 (TANAKA, Makoto) [JP/JP]; 〒730-8701 広島県 広島市 中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 赤松 良信 (AKAMATSU, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒511-8678 三重県 桑名市 大字東方字尾弓田 3 0 6 6 NTN 株式会社総合技術研究所内 Mie (JP). 長安 洋治 (NAGAYASU, Yoji) [JP/JP]; 〒102-0083 東京

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR DIAGNOSING RESIDUAL LIFE OF ROLLING ELEMENT BEARING

(54) 発明の名称: 転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置



A...EXPERIMENTAL ROLLING ELEMENT BEARING
B...IMPRESSION FORMING CAUSED BY FOREIGN SUBSTANCE MIXING
C...LUBRICANT DEGRADATION
D...BASIC DATA COLLECTING MEANS
E...ROLLING ELEMENT BEARING TO BE DIAGNOSED
F...JUDGING MEANS
G...RESIDUAL LIFE DIAGNOSIS PREPARING STAGE
H...MEASURING MEANS
J...RESIDUAL LIFE DIAGNOSING STAGE

(57) Abstract: Condition of foreign substance mixing in lubricant and condition of degradation of the lubricant, which conditions greatly affect the life of a rolling element bearing, are economically detected using a resonance frequency band signal or high frequency signal from an acceleration sensor. The life of the rolling element bearing is accurately estimated in early stages based on the detected condition of the foreign substances and that of the lubricant. A residual life diagnosing method for a rolling element bearing comprises basic data collecting means for collecting by an experimental apparatus the relationship between the condition of foreign substance mixing in lubricant or lubricant degradation and vibration/bearing life, measuring means applied for a rolling element bearing (3) to be diagnosed provided in a rotation instruments (1, 2), for obtaining a vibration signal using an acceleration sensor (4) and measuring a resonance frequency band signal or high frequency signal that can be detected with the highest sensitivity, and judging means estimating the condition of foreign substance mixing and that of lubricant degradation in the rolling element bearing (3) and calculating residual life of the rolling element bearing (3) to be diagnosed, the estimation and calculation being made using measurement values obtained by the measuring means and data obtained by the basic data collecting means.

[続葉有]



WO 03/106960 A1



都千代田区麹町4丁目3-3新麹町ビル3階新川
センサテクノロジー株式会社内 Tokyo (JP). 坊田 信吾
(BODA, Shingo) [JP/JP]; 〒102-0083 東京都千代田区
麹町4丁目3-3新麹町ビル3階新川センサテク
ノロジー株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 武政 善昭 (TAKEMASA, Yoshiaki); 〒108-0073
東京都港区三田4丁目15番36号メゾンド聖坂
4階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ,
OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA,
ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

転がり軸受の寿命に多大に影響する、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサの共振周波数帯信号や高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受の寿命を早期に高精度に推定する。転がり軸受(3)におけるゴミ混入状態又は潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取する基礎データ採取手段と、回転機器(1, 2)に備えられた被診断転がり軸受(3)について、加速度センサ(4)を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は高周波信号を測定する測定手段と、測定手段により求めた測定値と、基礎データ採取手段で求めたデータとを用いて、被診断転がり軸受(3)のゴミ混入状態と潤滑剤劣化状態を推定し、被診断転がり軸受(3)の余寿命を算出する判定手段と、から成る。

明 細 書

転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置

5 技術分野

本発明は、ポンプ、ファン等の回転機器に備えられる転がり軸受の残りの寿命を推定する転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置に関するものである。

10 背景技術

転がり軸受は、広範な機器の回転部分に数多く使用されており、これらの転がり軸受に異常が発生すると、その機械設備の停止などいろいろな不都合が生じる。一般に、転がり軸受は精度が高く、適正な使用条件下では、繰り返し疲労による疲れ破壊が生ずるまで長時間使用することができる。しかし、その寿命は使用条件、環境により異なり、同じ機器、
15 軸受でも寿命の違うことがある。

転がり軸受の予期しない故障は、潤滑剤の不適正あるいは回転軸のミスマライメント、転がり軸受の不適切な組込み等のストレスのかかるメカニカルな状態から生じる。転がり軸受の故障原因として多いのはゴミ
20 の混入、潤滑剤の劣化等の不適切な潤滑が大半を占めている。その転がり軸受の余寿命診断方法としては、種々の手段が提案されている。例えば、加速度センサを用いて軸受の振動を測定し、この軸受振動値が許容値を超えると警報を発する方法がある。軸受振動の周波数の解析により、その故障の原因を推定する方法がある。軸受振動値の増加傾向を予測する
25 ることにより、その寿命を予知する方法がある。その他にも、ショックパルス法やA E (A c o u s t i c E m i s s i o n) 法等が提案さ

れている。

軸受振動値の増加傾向予測方法は、最も多く使われている予測方法である。軸受の加速度振動の増加傾向を直線や二次曲線、指数曲線で予測し、予め設定した許容振動値に達するまでの残り時間で予測する方法である。

ショックパルス法は、ショックパルス（過度的な圧縮波）を用いて、転がり軸受の故障の早期発見、潤滑剤の劣化状態を診断する診断方法である。一般に、転がり軸受の転動体（コロ）と軌道輪が接触した瞬間に固有振動が生じ、材質内に局所的な巨大な圧力が加えられ、これが材質内に「圧力波」を誘起する。この接触した面に凹凸が不規則に存在すると、その接触の瞬間に不規則な圧力波が多数発生する。これらの各圧力波は過度的な圧縮波（ショックパルス）と称され、これは超音波の形で接触点から軸受、軸受ハウジング内部を通して放射拡散される。そこで、このショックパルスの発生状態を調べることにより、軸受の潤滑剤膜の厚みや損傷の程度の診断という潤滑剤の劣化状態を診断し、潤滑剤補給時期の決定を行う。

A E 法は、加速度より周波数の高い A E 信号を用いて、転がり軸受の故障の早期発見、余寿命を診断する方法である。この A E 法は、物体が変形或いは破壊されるときに、それまで蓄えられていた歪エネルギーが音となって伝播する現象である A E 信号を利用した診断方法である。この A E 信号は材料内部の弾性エネルギーが解放されるとき弾性波の伝播であり、必ずしも破壊のときのみではなく、材料の結晶構造の転位や変態なども対象とする。この A E 信号を回転している転がり軸受について A E センサーを用いて信号処理を行い、その A E 波の発生頻度を観察して、その転がり軸受の診断を行う。

このような診断方法を用いて、転がり軸受の予期しない故障を未然に

予知して、その軸受の取替え時期を前もって予測している。そこで、軸受の異常を認知する「無事故寿命」と、軸受の焼付き、破損にいたる「事故発生寿命」を明確にして、その無事故寿命から事故発生寿命の期間、即ち余寿命を予測している。回転機器の異常の有無の判定と原因の推定
5 を行い、異常の程度を判定して、転がり軸受の修理のタイミングを決定している。最も良く用いられる加速度振動の統計的予測では、寿命予測時点までの振動値をパラメータとして、二次曲線や指数関数に曲線回帰し、許容できる振動値に達するまでの期間を求めて余寿命としていた。また、ショックパルス法では、ショックパルスの発生頻度により潤滑剤
10 の劣化状態を推定し、潤滑剤の補給時期を決定する。また、A E法は、加速度振動の統計的予測と同様に余寿命を推定している。

しかし、上記従来の診断方法では、許容できる振動値の設定が難しく、その値の設定しただいで余寿命が大きく変化し、精度の高い余寿命の予測が困難であった。また、振動が増加し始めるときは、既に軸受寿命の末
15 期であるために、長期的な保守計画が立てづらく、また余寿命を予測しても修理が間に合わないこともあった。そのため、実際には、真の寿命に対して十分余裕があるにもかかわらず、その転がり軸受を早期に交換している場合が多かった。また、このような余寿命診断精度の低さから、実際の発電所や工場等では、軸受の点検周期を伸延させることができず、
20 軸受を数年おきに全数交換する定期点検という保守体制を余儀なくされていた。これらは保全本来のコストの削減、省力化にならないという問題を有していた。

また、上記従来のショックパルス法は、潤滑剤の劣化状態に対しては、早期の劣化検出・潤滑剤の補給時期判断はできるものの、現在の状態から余寿命を正確に診断することはできないという問題を有していた。
25

更に、上記従来のA E法は、加速度を用いた上記統計的方法に比べる

早期の診断は可能であるが、この診断に用いるAE (Acoustic Emission) センサー及び信号処理回路が高価であり、またAE波は微妙であるために周辺騒音を拾いやすいという問題を有していた。

本発明は、かかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的は、転がり軸受の寿命に多大に影響する、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサの共振周波数帯信号や高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受の寿命を早期に高精度に推定することができる転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置を提供することにある。

発明の開示

本発明の余寿命診断方法によれば、転がり軸受(3)におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、及び潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取する基礎データ採取手段と、ポンプ、ファン等の回転機器(1, 2)に備えられた被診断転がり軸受(3)について、加速度センサ(4)を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は加速度の高周波信号帯域を測定する測定手段と、前記測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求めたデータとを用いて、前記被診断転がり軸受(3)のゴミ混入状態と潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受(3)の余寿命を算出する判定手段と、から成る、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断方法が提供される。

前記基礎データ採取手段では、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受(3)の転動面に圧痕を発生させ、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸

- 受（３）の転動面に圧痕を発生させ、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。また、ゴミ混入状態を模擬するその他の方法として、前記転がり軸受（３）の潤滑剤に異物を混入させ、その異物の量やサイズ、または硬さを変えて、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（３）の潤滑剤量を減少させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。また、潤滑剤の劣化状態を模擬するその他の方法として、前記転がり軸受（３）の潤滑剤を酸化劣化させたり、の潤滑剤に水を混入させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。
- 10 前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める。または、前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号で求める。
- 15 前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める。または、前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（４）の高周波帯域の振動信号で求める。
- 20 前記測定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を、ゴミ混入による圧痕の発生を、更にゴミ混入による圧痕のサイズを測定する。または、前記測定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を、ゴミ混入による圧痕の発生を、更にゴミ混入による圧痕のサイズ
- 25 ズを測定する。

前記測定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振

周波数帯の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する。または、前記測定手段は、加速度センサ（４）の高周波帯域の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する。

- 前記判定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態、ゴミ混入による圧痕、又はゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする。または、前記判定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態、ゴミ混入による圧痕、又はゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする。
- 10 前記判定手段における潤滑剤の劣化状態の推定及び余寿命の算定を、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号、又は加速度センサ（４）の高周波帯域の振動信号で求める。

- 前記判定手段では、予め測定した被診断転がり軸受（３）の正常状態の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータとを用いる、ことが好ましい。
- 15

前記判定手段は、前記測定手段で求めたデータ及び予め測定した被診断転がり軸受（３）の正常状態の振動データを用い、加速度の低周波振動信号の増加傾向を算出することにより、前記被診断転がり軸受（３）が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する。

- 20 前記判定手段は、前記測定手段で求めた被診断軸受け（３）の加速度センサ（４）の共振周波数帯信号、または高周波帯信号、及び予め測定した被診断転がり被診断転がり軸受け（３）の正常時の振動データを用いて、前記被診断転がり軸受（３）が正常な劣化過程であるか、ゴミ混入過程であるか、潤滑剤の劣化過程であるかを判定する。

- 25 前記被診断転がり軸受（３）にゴミ混入もなく、潤滑剤も劣化状態にない軸受状態が正常な劣化過程であると判定した場合は、その余寿命と

して定格寿命を算出する。次に、前記被診断転がり軸受（３）にゴミが混入し、軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、前記基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する。また、前記被診断転がり軸受（３）の潤滑剤が劣化して軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、前記基礎データ採取手段における振動データより、前記潤滑剤の劣化状態を推定し、その余寿命を算出する。

最後に、劣化末期と判定した場合は、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向及びゴミ混入又は潤滑剤の劣化から劣化末期までの時間に基づいて余寿命を算出する。

上記構成の診断方法では、基礎データ採取手段において、予めゴミの混入又は潤滑剤の劣化による潤滑が劣化したときの転がり軸受に圧痕の形成状態について、その加速度とゴミ混入状態との関係、加速度と潤滑剤状態の関係について実験装置により採取した基礎データを取得する。

測定手段において、余寿命を診断しようとする回転機器（１，２）に備えられた被診断転がり軸受（３）について、加速度センサ（４）を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は高周波信号を測定する。次に、判定手段において、測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求めたデータ、予め測定した被診断転がり軸受（３）の正常状態の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関する振動データとを用いて、前記被診断転がり軸受（３）のゴミ混入状態、潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受（３）の余寿命を算出する。

この判定手段に際しては、先ず、振動の増加傾向を算出することにより、前記被診断転がり軸受（３）が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する。

劣化初期であると判定したときは、更に次のように判定する。先ず、前記測定手段で求めた被診断転がり軸受け（３）の加速度センサ（４）の共振周波数帯信号、または高周波帯信号、及び予め測定した被診断転がり軸受け（３）の正常時の振動データを用いて、前記被診断転がり軸受（３）が正常な劣化過程であるか、ゴミ混入過程であるか、潤滑剤の劣化過程であるかを判定する。

被診断転がり軸受（３）にゴミも混入しておらず、潤滑剤も劣化状態ではない、劣化初期ではあるが軸受状態が正常であると判定した場合は、その余寿命として定格寿命を算出する。次に、被診断転がり軸受（３）にゴミが混入し、劣化初期状態になったと判定した場合は、前記基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する。更に、前記被診断転がり軸受（３）の潤滑剤が劣化した場合は、軸受状態が劣化初期と判定し、前記データ採取手段における振動データより、前記潤滑剤の劣化を推定し、その余寿命を算出する。

最後に、劣化末期と判定したときには、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向に基づいて余寿命を算出する。このとき、本発明の診断方法では、振動の増加傾向予測だけでなく、ゴミ混入や潤滑剤の劣化から加速度の急増までの経過時間を観測することにより、より精度の高い余寿命を算出することができる。

このように本発明は、回転機器（１，２）の稼動中にその転がり軸受（３）の寿命を推定することにより、交換時期が確定し、より効率的な機器（１，２）の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器（１，２）については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受（３）の交換を実施するといった計画を容易に立て、保守の効率化を図ることができる。また、従来の余寿命診断方法の精度不足から定期点

検を余儀なくされていた回転機器に対して早期の余寿命診断が可能なことから、点検周期の長期化、劣化データの採取が容易になり、従来の定期点検体制から機器に応じて保守を行う状態基準保守への移行の効率化が期待できる。

- 5 本発明の転がり軸受の余寿命診断装置によれば、余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受（３）に関する振動信号を測定する加速度センサ（４）と、該加速度センサ（４）で求めたデータを変換するアナログ／デジタル変換器（５）と、該アナログ／デジタル変換器（５）で変換した振動信号の中で、最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号
10 又は高周波信号を抽出する特徴量抽出部（６）と、転がり軸受（３）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を記した基礎データ、及びポンプ、ファン等の回転機器（１，２）に備えられた被診断転がり軸受（３）の正常状態のときに採取した振動データ、及び軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸
15 受呼び番号に関するデータを保存した測定結果データベース（７）と、該測定結果データベース（７）に搭載されたデータを用いることにより、前記特徴量抽出部（６）で抽出した、前記被診断転がり軸受（３）の振動信号に基づいて前記被診断転がり軸受（３）のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断する余寿命診断部（８）と、該
20 余寿命診断部（８）の結果を表示する診断結果表示部（９）と、を備えた、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断装置が提供される。

- 上記構成の余寿命診断装置では、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサ（４）の共振周波数帯信号又は高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を
25 根拠に転がり軸受（３）の寿命を早期に高精度に推定することができる。

前記余寿命診断部（８）の診断結果に基づいて、前記被診断転がり軸

受（３）の次回の点検スケジュールと診断結果のレポートとを出力する点検スケジュール・診断レポート出力部（１０）を、更に備えることが好ましい。前記点検スケジュール・診断レポート出力部（１０）は、プリンタ（１２）又はモニターである。

- 5 このように本発明は、回転機器（１，２）の稼動中にその転がり軸受（３）の寿命を推定することにより、点検スケジュール・診断レポート出力部（１０）において交換周期又は交換時期が確定し、より効率的な機器の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器（１，２）については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受（３）の
- 10 交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。また、従来は、定期点検を余儀なくされていた設備に対し、早期の余寿命判断が可能なことから、点検周期の長期化、劣化データの採取が容易になり、従来の定期点検体制から機器の状態に応じて保守を行う状態基準の保守体制への移行を効率化することができる。

- 15 前記波形データと診断結果をインターネット回線に接続する伝送用モデム（１１）を、更に備えた。これにより、遠隔地において振動データのみを採取し、別の遠隔地で所定の転がり軸受（３）の余寿命を診断し、また、診断結果の管理を容易に行うことができる。

20 図面の簡単な説明

図１は本発明の転がり軸受の余寿命診断方法を示すブロック図である。

図２は余寿命診断方法で診断する対象物となる電動機と回転機器に備えられた転がり軸受の一例を示す断面図である。

図３は転がり軸受の余寿命診断方法を示すフロー図である。

- 25 図４は図３のフロー図におけるＡ部分（判定手段のうち余寿命診断準備段階）を示すフロー図である。

図 5 は図 3 のフロー図における B 部分（測定手段）を示すフロー図である。

図 6 は図 3 のフロー図における C 部分（判定手段のうち余寿命診断段階）を示すフロー図である。

5 図 7 は加速度共振周波数帯の振動信号を用いた圧痕の検出を示すグラフである。

図 8 は、加速度高周波数帯の振動信号を用いた圧痕サイズの推定を示すグラフである。

図 9 は、圧痕サイズと寿命に及ぼす関係を示すグラフである。

10 図 10 は潤滑剤膜圧と寿命との関係を示すグラフである。

図 11 は本発明の転がり軸受の余寿命診断装置を示す構成ブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

15 以下、本発明の好ましい実施の形態を図面を参照して説明する。

図 1 は本発明の転がり軸受の余寿命診断方法を示すブロック図である。図 2 は余寿命診断方法で診断する対象物となる電動機と回転機器に備えられた転がり軸受の一例を示す断面図である。図 3 は転がり軸受の余寿命診断方法を示すフロー図である。図 4 は図 3 のフロー図における A 部分（判定手段のうち余寿命診断準備段階）を示すフロー図である。図 5 は図 3 のフロー図における B 部分（測定手段）を示すフロー図である。図 6 は図 3 のフロー図における C 部分（判定手段のうち余寿命診断段階）を示すフロー図である。

25 本発明の転がり軸受の余寿命診断方法は、予め実験機において、ゴミ混入状態・潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を採取する基礎データ採取手段と、ポンプ、ファン等の回転機器 1 又は電動機 2 等の回転機構

部分に備えられた余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受 3 の共振周波数帯信号又は高周波信号を測定する測定手段と、被診断転がり軸受 3 の余寿命を判定する判定手段と、から成るものである。

基礎データ採取手段では、ゴミ混入を模擬するために、分解した軸受 5 の転動面に直接きずをつけて、軸受に圧痕を生成させ、また潤滑剤の劣化状態を模擬するために潤滑剤を少なくした軸受を用いて軸受荷重試験機にて試験を行い、基礎データを採取する。また、この他にゴミ混入を模擬する方法として、潤滑剤にゴミの代わりとなる異物を混入させ、混入する異物の量や大きさを変える、混入する異物の硬さを変えるなどがある。同様に、潤滑剤の劣化を模擬する方法として、酸化劣化させた潤滑剤を使用する、水を混入させるなどがある。

この基礎データ採取手段において、予めゴミの混入又は潤滑剤の劣化による潤滑が劣化したときの転がり軸受 3 に圧痕の形成状態について、その加速度と圧痕の大きさとの関係についてのデータを取得する。転がり軸受 3 の主な劣化形態は、内部起点型はく離と表面起点型はく離の 2 つの劣化モードがある。この内部起点型はく離は、転がり要素転動面の受ける繰返し応力が転動面表層下に集中し、転動面内部からはく離が発生するものである。表面起点型はく離は、潤滑剤中へのゴミ等の異物の混入により転動面表面に傷がつき、転動面表面からはく離が発生するものである。軸受本来の寿命とは、内部起点型はく離モードにおける寿命であり、この寿命は近年の材料技術の進歩により、軸受の定格寿命の数倍～数十倍に伸延された。一方、潤滑剤中への異物混入等による表面起点型はく離モードの寿命は、内部起点型はく離の寿命の数分の一から数十分の一と著しく短くなる。

25 このように転がり軸受 3 は多様な劣化モードを持ち、これらの劣化モード・破壊メカニズムを考慮することは軸受の余寿命診断において非常

に重要である。そこで、本発明ではこのような転がり軸受 3 の劣化モードを考慮し、従来よりも早期に診断可能な、かつ高精度な余寿命を診断するために、その前提として基礎データ採取手段を用いた。

余寿命を診断しようとする回転機器 1, 2 に備えられた被診断転がり
5 軸受 3 については、判定手段のうち余寿命診断準備段階と測定手段とを講ずる。余寿命診断準備段階では、被診断転がり軸受 3 について、軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータ、及び加速度センサ 4 を用いて正常時の振動データを収集する。測定手段では、運転中における被診断転がり軸受 3 について、加速度センサ 4 を用
10 いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は高周波数帯信号を測定する。

これらの基礎データ採取手段及び余寿命診断準備段階で求めたデータとを用いて、被診断転がり軸受 3 が劣化初期であるのか末期状態であるのかを推定する。この余寿命診断段階では、振動の増加傾向を算出することにより、この被診断転がり軸受 3 が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する。
15

この余寿命診断段階の結果について、被診断転がり軸受 3 が劣化初期であると推定したときには、次のような判定を行う。

まず、測定手段で求めた被診断転がり軸受け 3 の加速度センサの共振
20 周波数帯信号、または高周波帯信号、及び余寿命診断準備段階で測定した被診断転がり被診断転がり軸受け 3 の正常時の振動データを用いて、被診断転がり軸受 3 が正常な劣化過程であるか、ゴミ混入過程であるか、潤滑油劣化過程であるかを判定する。

被診断転がり軸受 3 にゴミ混入もなく、潤滑剤も劣化状態にない軸受
25 状態が正常な劣化過程であると判定し、その余寿命として定格寿命を算出する。定格寿命については一般の数 1 のような計算式によって処理す

る。

$$\text{定格寿命 } L_{10} = \frac{10^6}{60 n} \left[\frac{C}{P} \right]^p$$

ここで、 L_{10} ：基本定格寿命(h)

5

n ：回転数(rpm)

C ：基本動定格荷重(N or kgf)

P ：動等価荷重(N or kgf)

p ：玉軸受なら $p=3$

ころ軸受なら $p=10/3$

10 次に、被診断転がり軸受 3 にゴミが混入し、軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する。

更に、被診断転がり軸受 3 の潤滑剤が劣化して軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、基礎データ採取手段における振動データより、
15 潤滑剤の劣化を推定し、その余寿命を算出する。

最後に、劣化末期と判定したときに、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向及びゴミ混入又は潤滑剤の劣化から劣化末期までの時間に基づいて余寿命を算出する。このように、本発明の診断方法では、ゴミの混入から加速度の急増までの経過時間観測等により、より精度の高い余寿命
20 を算出することができる。

このように本発明は、回転機器 1, 2 の運転中にその転がり軸受 3 の寿命を推定することにより、交換時期が確定し、より効率的な回転機器 1, 2 の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器 1, 2 については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受 3 の交換を
25 実施するといった計画を容易に立てることができる。

図 7 はゴミ混入を模擬した圧痕のサイズと加速度センサの最も高感度

検出が可能な共振周波数帯の振動信号との関係を求めたグラフである。

本発明では、基礎データ採取手段及び測定手段及び判定手段における
ゴミ混入による圧痕の発生の検出を、加速度センサ 4 の最も高感度検出
が可能な共振周波数帯の振動信号で求める。また圧痕のサイズを、加速
5 度センサ 4 の高周波帯域の振動信号で求めることができる。図示するよ
うに、このように圧痕サイズが $0\ \mu\text{m}$ である正常時に比べ圧痕が発生す
ると、 $20\ \text{kHz} \sim 40\ \text{kHz}$ 帯域付近の加速度共振周波数帯の振動信
号が非常に大きくなり、圧痕の発生が容易に検出できることがわかる。

図 8 はゴミ混入を模擬した圧痕のサイズと、加速度センサの高周波数
10 帯の振動信号との関係を求めたグラフである。

図示するように、圧痕サイズが $0\ \text{mm}$ から増加するにつれ、 $5\ \text{kHz} \sim 20\ \text{kHz}$ 帯域付近の加速度高周波数帯の振動信号が比例的に大きくなり、圧痕のサイズを容易に推定できることがわかる。

図 9 は発生した圧痕が、転がり軸受寿命に及ぼす影響を示すグラフで
15 ある。

正常な転がり軸受の寿命を相対寿命 1 (定格寿命を相対寿命 1 とする)
とすると、圧痕を付けた軸受の寿命は、それより遥かに短く、定格寿命
の $1/100$ 以下になることもある。また、被診断転がり軸受 3 のはく
離は、例外なく圧痕を起点としており、軸受寿命のバラツキは極めて小
20 さいことが知られている。本発明の判定手段は、このような圧痕サイズ
と寿命の関係により推定する。

図 10 は潤滑剤膜圧と寿命との関係を示すグラフである。

被診断転がり軸受 3 の寿命は、油膜パラメータが 3 未満になると、相
対寿命が 2.5 以下と急激に低下し、相対寿命が 0.2 程度になること
25 もある。このような急激な寿命の低下は軌道面と転動面の油膜圧が破断
して生じた金属接触によるものである。本発明の判定手段は、ゴミ混入

状態における転がり軸受 3 の余寿命診断と同様に、加速度センサ 4 の最も高感度な共振周波数帯信号、または高周波帯信号を用いて潤滑剤の劣化状態(油膜パラメータ)を推定し、潤滑剤の劣化状態における余寿命を診断する。

5 図 1 1 は転がり軸受の余寿命診断装置を示す構成ブロック図である。

転がり軸受の余寿命診断装置は、加速度センサ 4 と、アナログ／デジタル変換器 5 と、特徴量抽出部 6 と、測定結果データベース 7 と、余寿命診断部 8 と、診断結果表示部 9 と、点検スケジュール・診断レポート出力部 10 と、伝送用モデム 11 と、を備えものである。

10 アナログ／デジタル変換器 5 は、前述した余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受 3 等について加速度センサ 4 で求めたデータを変換するものである。特徴量抽出部 6 は、このアナログ／デジタル変換器 5 で変換した振動信号の中で、最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号を抽出するものである。

15 測定結果データベース 7 は、上述したように、予め実験機においてゴミ混入状態・潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を採取した基礎データと、ポンプ、ファン等の回転機器 1 又は電動機 2 等の回転機構部分に備えられた余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受 3 の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータ、及び被診
20 断転がり軸受 3 の正常時の振動データを収集し、保存するものである。

余寿命診断部 8 は、この測定結果データベース 7 に搭載されたデータを用いることにより、特徴量抽出部 6 で抽出した、被診断転がり軸受 3 の振動信号に基づいて被診断転がり軸受 3 のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断するものである。

25 診断結果表示部 9 は、余寿命診断部 9 の結果を表示するものである。

点検スケジュール・診断レポート出力部 10 は、余寿命診断部 9 の診断

結果に基づいて、被診断転がり軸受 3 の次回の点検スケジュールと診断結果のレポートとをプリンタ 1, 2 等に出力するものである。このように本発明は、回転機器 1, 2 の稼動中にその転がり軸受 3 の寿命を推定することにより、点検スケジュール・診断レポート出力部 10 において
5 交換周期又は交換時期が確定し、より効率的な機器の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器 1, 2 については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受 3 の交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。

上記構成の余寿命診断装置では、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣
10 化状態を、加速度センサ 4 の共振周波数帯信号又は高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受の寿命を高精度に推定することができる。

伝送用モデム 11 は、波形データと診断結果をインターネット回線に接続するものである。このように、インターネット回線に接続すること
15 により、遠隔地において所定の転がり軸受 3 の余寿命を容易に推定することができる。

なお、本発明は上述した発明の実施の形態に限定されず、被診断転がり軸受 3 が劣化初期であるのか末期状態であるのかを推定し、該被診断転がり軸受 3 の余寿命を算出する方法であれば、上述した構成に限定され
20 れず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

また、予めゴミが混入した状態又は潤滑剤が劣化した状態と、その加速度と圧痕の大きさ等との関係についてデータを採取しておき、採取したゴミ混入状態・潤滑剤の劣化状態と加速度・寿命の関係データと、特
25 徴量抽出部 6 で抽出した被診断転がり軸受 3 の振動信号を比較・判定することにより、被診断転がり軸受 3 のゴミの混入状態・潤滑剤の劣化状

態を推定し、その余寿命を診断する構造であれば、図示した構成に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

5 産業上の利用可能性

本発明の転がり軸受の余寿命診断方法は、転がり軸受の寿命の予測に多大に影響する、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサの共振周波数帯信号又は高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に被診断転がり軸受の寿命を高精度に推定することができる。そこで、転がり軸受の交換周期又は交換時期が確定し、より効率的な機器の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受の交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。また、従来は、定期点検を余儀なくされていた設備に対し、早期の余寿命判断が可能なことから、点検周期の長期化、劣化データの採取が容易になり、従来の定期点検体制から機器の状態に応じて保守を行う状態基準保守体制への移行を効率化することができる。

本発明の転がり軸受の余寿命診断方法装置は、コンパクトな装置により容易かつ正確に転がり軸受の寿命を高精度に推定ことができ、更にインターネット回線に接続することにより、遠隔地において所定の転がり軸受の余寿命を容易に判定することができる。

請求の範囲

1. 転がり軸受（3）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、及び潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取
5 する基礎データ採取手段と、

ポンプ、ファン等の回転機器（1，2）に備えられた被診断転がり軸受（3）について、加速度センサ（4）を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号を測定する測定手段と、

前記測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求め
10 たデータとを用いて、前記被診断転がり軸受（3）のゴミ混入状態と潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受（3）の余寿命を算出する判定手段と、

から成る、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断方法。

2. 転がり軸受（3）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、及び潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取
15 する基礎データ採取手段と、

ポンプ、ファン等の回転機器（1，2）に備えられた被診断転がり軸受（3）について、加速度の高周波信号帯域を測定する測定手段と、

前記測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求め
20 たデータとを用いて、前記被診断転がり軸受（3）のゴミ混入状態と潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受（3）の余寿命を算出する判定手段と、

から成る、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断方法。

3. 前記基礎データ採取手段は、ゴミ混入状態を模擬するために、前
25 記転がり軸受（3）の転動面に圧痕を生成させ、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項1又は2の転がり

軸受の余寿命診断方法。

4. 前記基礎データ採取手段は、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に異物を混入させ、その異物の量やサイズを変えて、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項1又は2の転がり軸受の余寿命診断方法。

5. 前記基礎データ採取手段は、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に異物を混入させ、その異物の硬さを変えて、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項1又は2の転がり軸受の余寿命診断方法。

6. 前記基礎データ採取手段は、潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤量を減少させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項1又は2の転がり軸受の余寿命診断方法。

7. 前記基礎データ採取手段は、潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤を酸化劣化させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項1又は2の転がり軸受の余寿命診断方法。

8. 前記基礎データ採取手段は、潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に水を混入させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項1又は2の転がり軸受の余寿命診断方法。

9. 前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項1、2、3、4又は5の転がり軸受の余寿命診断方法。

10. 前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の

関係を、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項１、２、３、４又は５の転がり軸受の余寿命診断方法。

１１．前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項１、２、６、７又は８の転がり軸受の余寿命診断方法。

１２．前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（４）の高周波帯域の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項１、２、６、７又は８の転がり軸受の余寿命診断方法。

１３．前記測定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を測定する、ことを特徴とする請求項１の転がり軸受の余寿命診断方法。

１４．前記測定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕の発生を測定する、ことを特徴とする請求項１２の転がり軸受の余寿命診断方法。

１５．前記測定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕のサイズを測定する、ことを特徴とする請求項１２の転がり軸受の余寿命診断方法。

１６．前記測定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を測定する、ことを特徴とする請求項２の転がり軸受の余寿命診断方法。

１７．前記測定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕の発生を測定する、ことを特徴とする請求項２の転がり軸受の余寿命診断方法。

１８．前記測定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号

により、ゴミ混入による圧痕のサイズを測定する、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

19. 前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

20. 前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波帯域の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

21. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態の推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

22. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕の発生の検出及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

23. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

24. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態の推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

25. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕の発生の検出及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

26. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号

で、ゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

27. 前記判定手段における潤滑剤の劣化状態の推定及び余寿命の算定を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

28. 前記判定手段における潤滑剤の劣化状態の推定及び余寿命の算定を、加速度センサ（4）の高周波帯域の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

10 29. 前記判定手段は、予め測定した被診断転がり軸受（3）の正常状態の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータとを用いる、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

30. 前記判定手段は、前記測定手段で求めたデータ及び予め測定した被診断転がり軸受（3）の正常状態の振動データを用い、加速度の低周波振動信号の増加傾向を算出することにより、前記被診断転がり軸受（3）が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

20 31. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号を用いて、ゴミ混入の有無及び潤滑剤の劣化の有無を判定し、被診断転がり軸受け（3）が正常な劣化過程であるのか、ゴミ混入過程であるのか、潤滑剤の劣化過程であるのかを判定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

25 32. 前記判定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号を用いて、ゴミ混入の有無及び潤滑剤の劣化の有無を判定し、被診断転がり軸受け（3）が正常な劣化過程であるのか、ゴミ混入過程であるのか

か、潤滑剤の劣化過程であるのかを判定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

3 3. 前記判定手段は、前記被診断転がり軸受 (3) にゴミ混入もなく、潤滑剤も劣化状態にない軸受状態が正常な劣化過程であると判定し、
5 その余寿命として定格寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

3 4. 前記判定手段は、前記被診断転がり軸受 (3) にゴミが混入し、軸受状態が劣化初期であると判定し、

前記基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミの
10 サイズを推定し、その余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

3 5. 前記判定手段は、前記被診断転がり軸受 (3) の潤滑剤が劣化して軸受状態が劣化初期であると判定し、

前記基礎データ採取手段における振動データより、前記潤滑剤の劣化
15 状態を推定し、その余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

3 6. 前記判定手段は、劣化末期と判定したときに、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向に基づいて余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

20 3 7. 前記判定手段は、劣化末期と判定したときに、ゴミ混入又は潤滑剤の劣化から劣化末期までの時間に基づいて余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

3 8. 余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受 (3) に関する振動信号を測定する加速度センサ (4) と、

25 該加速度センサ (4) で求めたデータを変換するアナログ／デジタル変換器 (5) と、

該アナログ／デジタル変換器（５）で変換した振動信号の中で、最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号を抽出する特徴量抽出部（６）と、

5 転がり軸受（３）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を記した基礎データ、及びポンプ、ファン等の回転機器（１，２）に備えられた被診断転がり軸受（３）の正常状態のときに採取した振動データ、及び軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータを保存した測定結果データベース（７）と、

10 該測定結果データベース（７）に搭載されたデータを用いることにより、前記特徴量抽出部（６）で抽出した、前記被診断転がり軸受（３）の振動信号に基づいて前記被診断転がり軸受（３）のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断する余寿命診断部（８）と、
該余寿命診断部（８）の結果を表示する診断結果表示部（９）と、
15 を備えた、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断装置。

39. 余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受（３）に関する振動信号を測定する加速度センサ（４）と、

該加速度センサ（４）で求めたデータを変換するアナログ／デジタル変換器（５）と、

20 該アナログ／デジタル変換器（５）で変換した振動信号の中で、高周波信号を抽出する特徴量抽出部（６）と、

転がり軸受（３）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を記した基礎データ、及びポンプ、ファン等の回転機器（１，２）に備えられた被診断転がり軸受（３）
25 の正常状態のときに採取した振動データ、及び軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータを保存した測定結果デー

データベース（７）と、

該測定結果データベース（７）に搭載されたデータを用いることにより、前記特徴量抽出部（６）で抽出した、前記被診断転がり軸受（３）の振動信号に基づいて前記被診断転がり軸受（３）のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断する余寿命診断部（８）と、
5 該余寿命診断部（８）の結果を表示する診断結果表示部（９）と、
を備えた、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断装置。

４０．前記余寿命診断部（８）の診断結果に基づいて、前記被診断転がり軸受（３）の次回の点検スケジュールと診断結果のレポートとを出力する点検スケジュール・診断レポート出力部（１０）を、更に備えた、
10 ことを特徴とする請求項３８又は３９の転がり軸受の余寿命診断装置。

４１．前記点検スケジュール・診断レポート出力部（１０）は、プリンタ（１２）である、ことを特徴とする請求項４０の転がり軸受の余寿命診断装置。

15 ４２．前記点検スケジュール・診断レポート出力部（１０）は、モニターである、ことを特徴とする請求項４０の転がり軸受の余寿命診断装置。

４３．前記波形データと診断結果をインターネット回線に接続する伝送用モデム（１１）を、更に備えた、ことを特徴とする請求項３８又は
20 ３９の転がり軸受の余寿命診断装置。

Fig.1

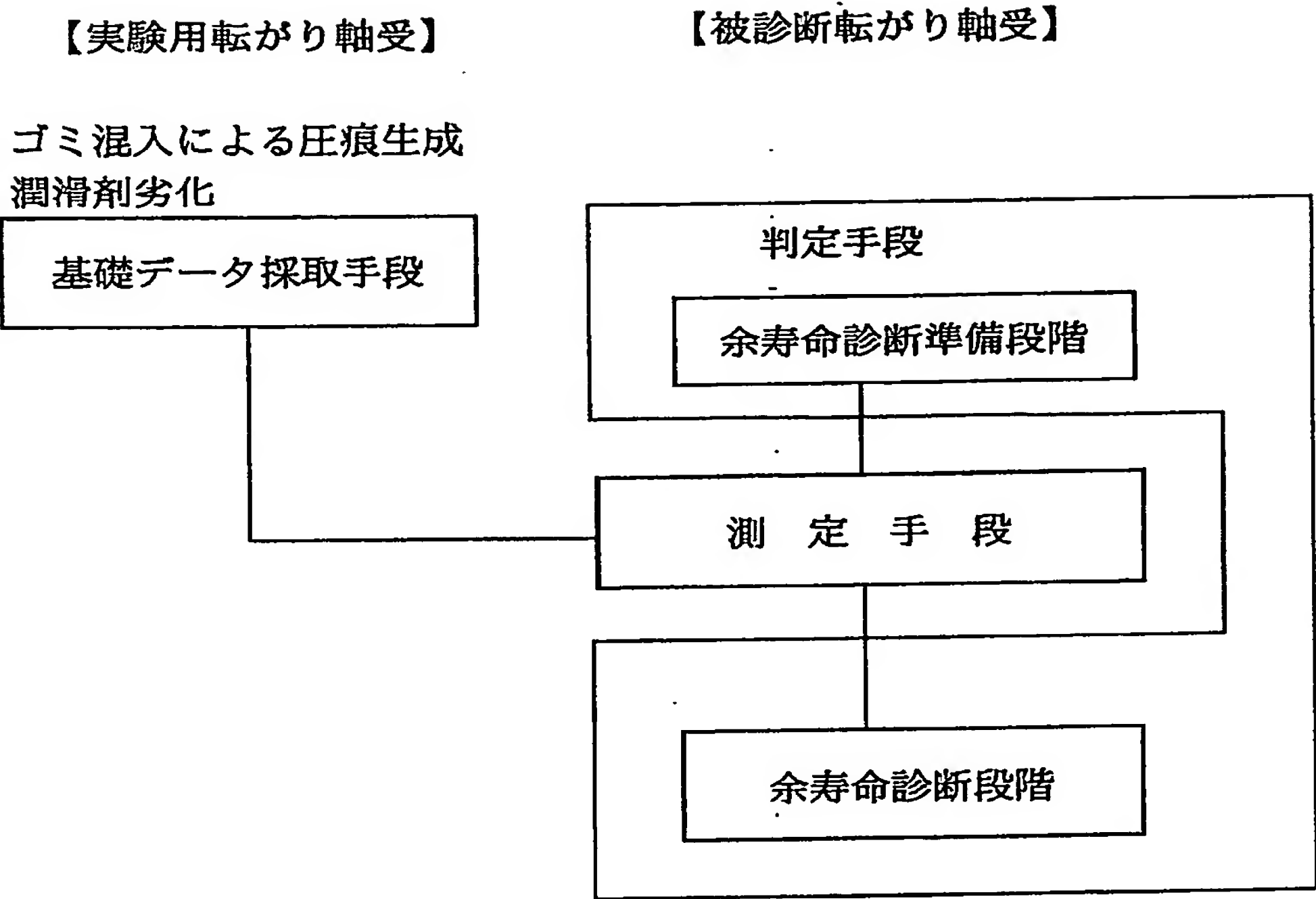


Fig.2

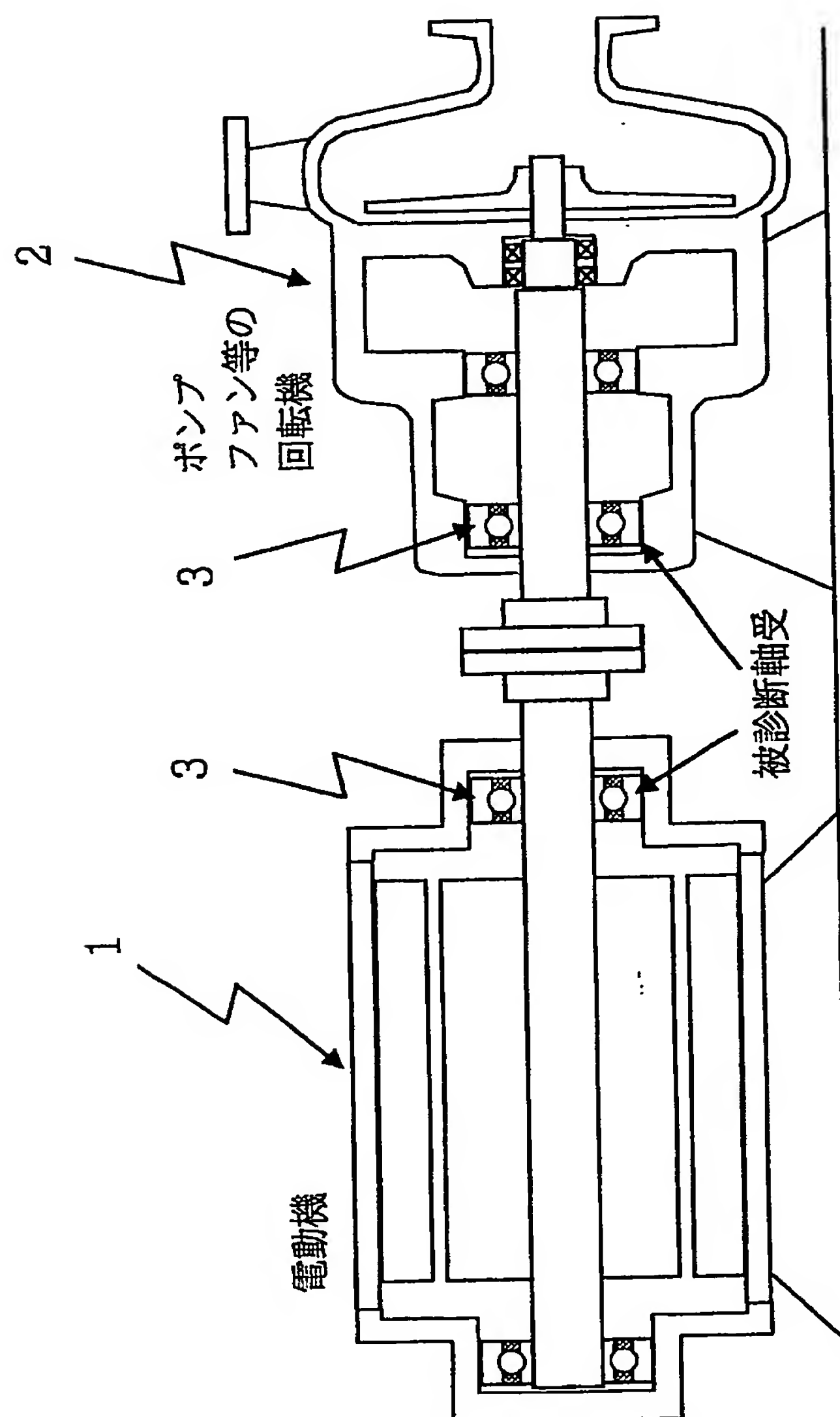
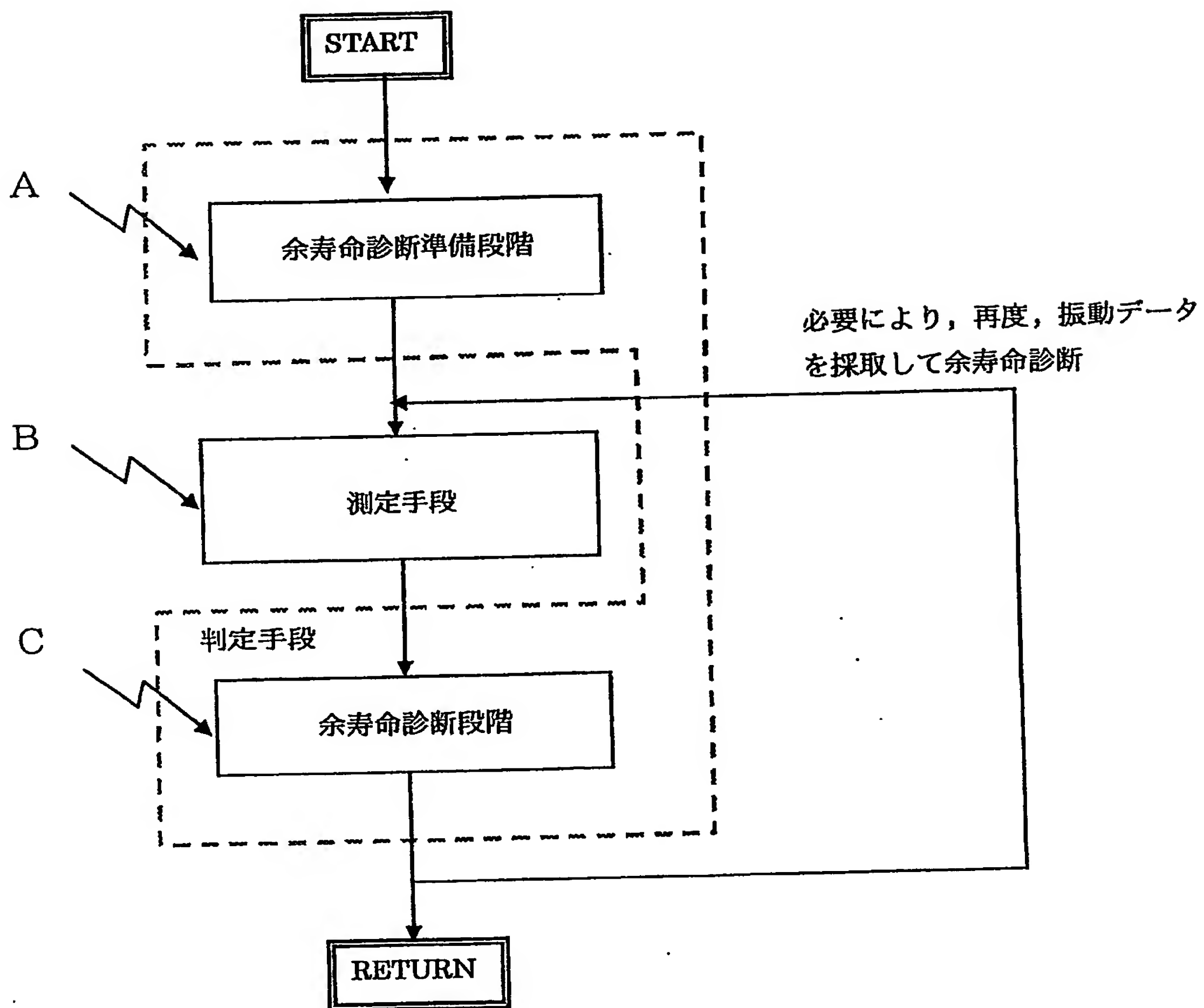


Fig.3



4 / 9

Fig.4

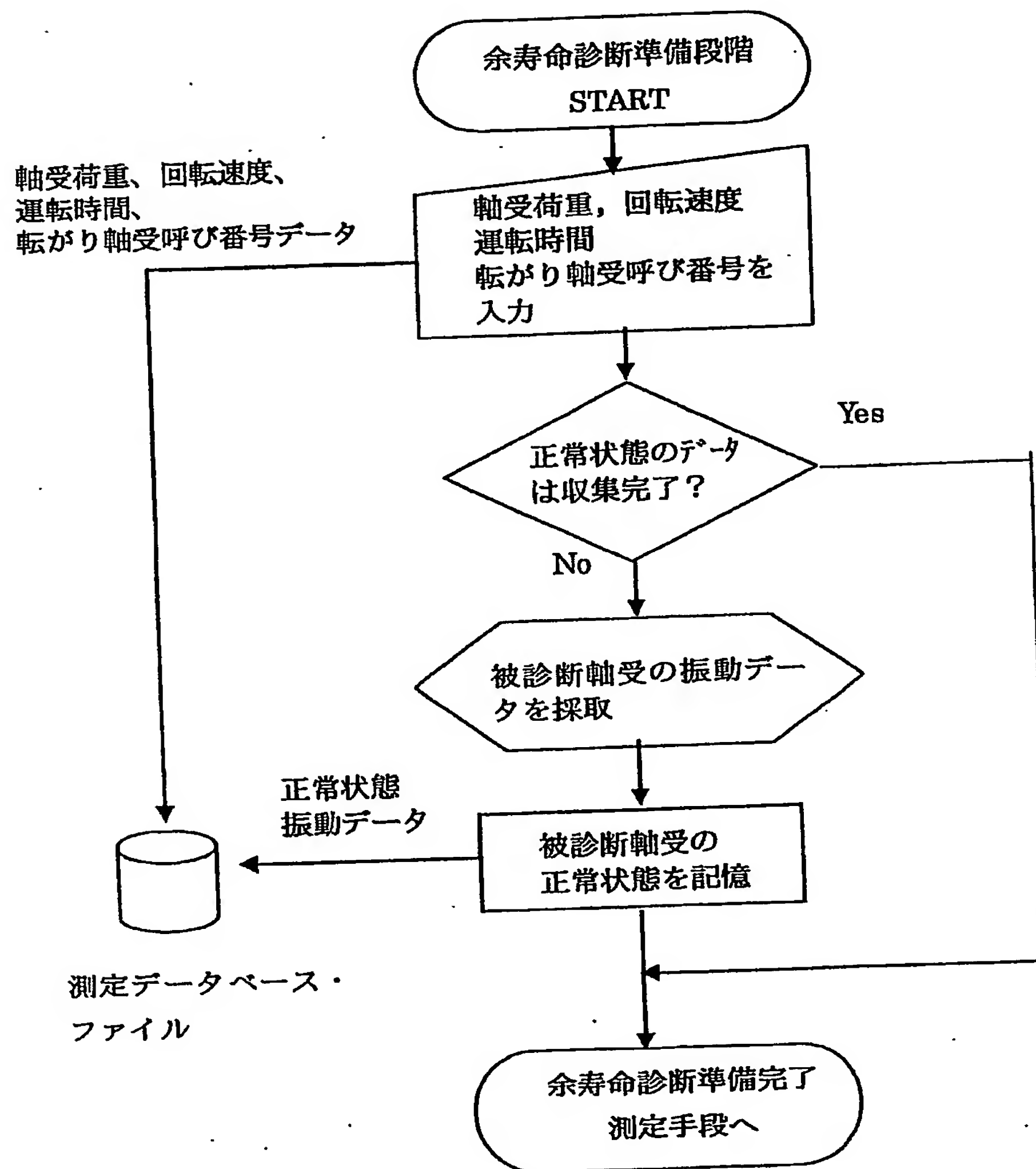


Fig.5

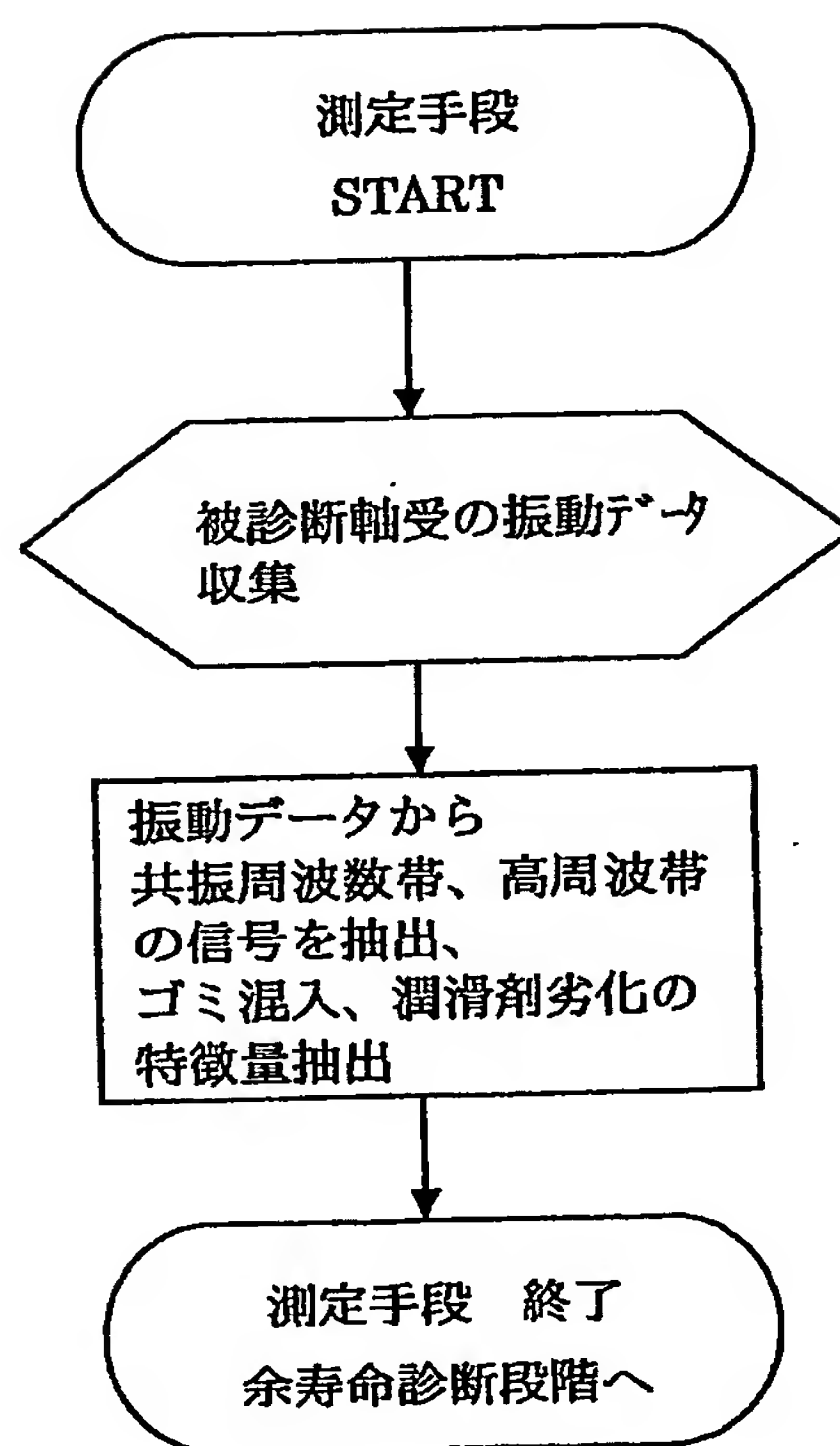
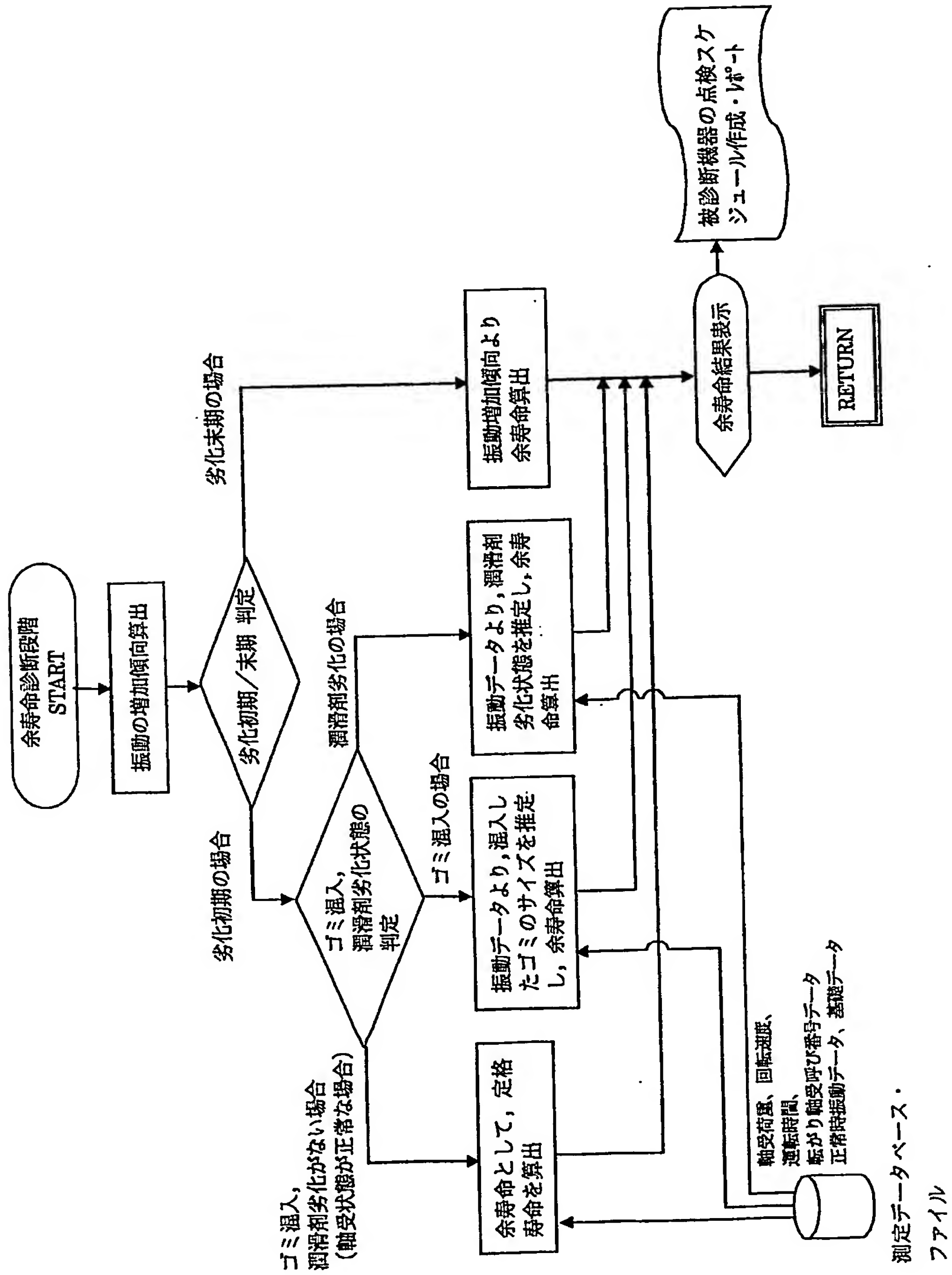


Fig.6



7 / 9

Fig.7

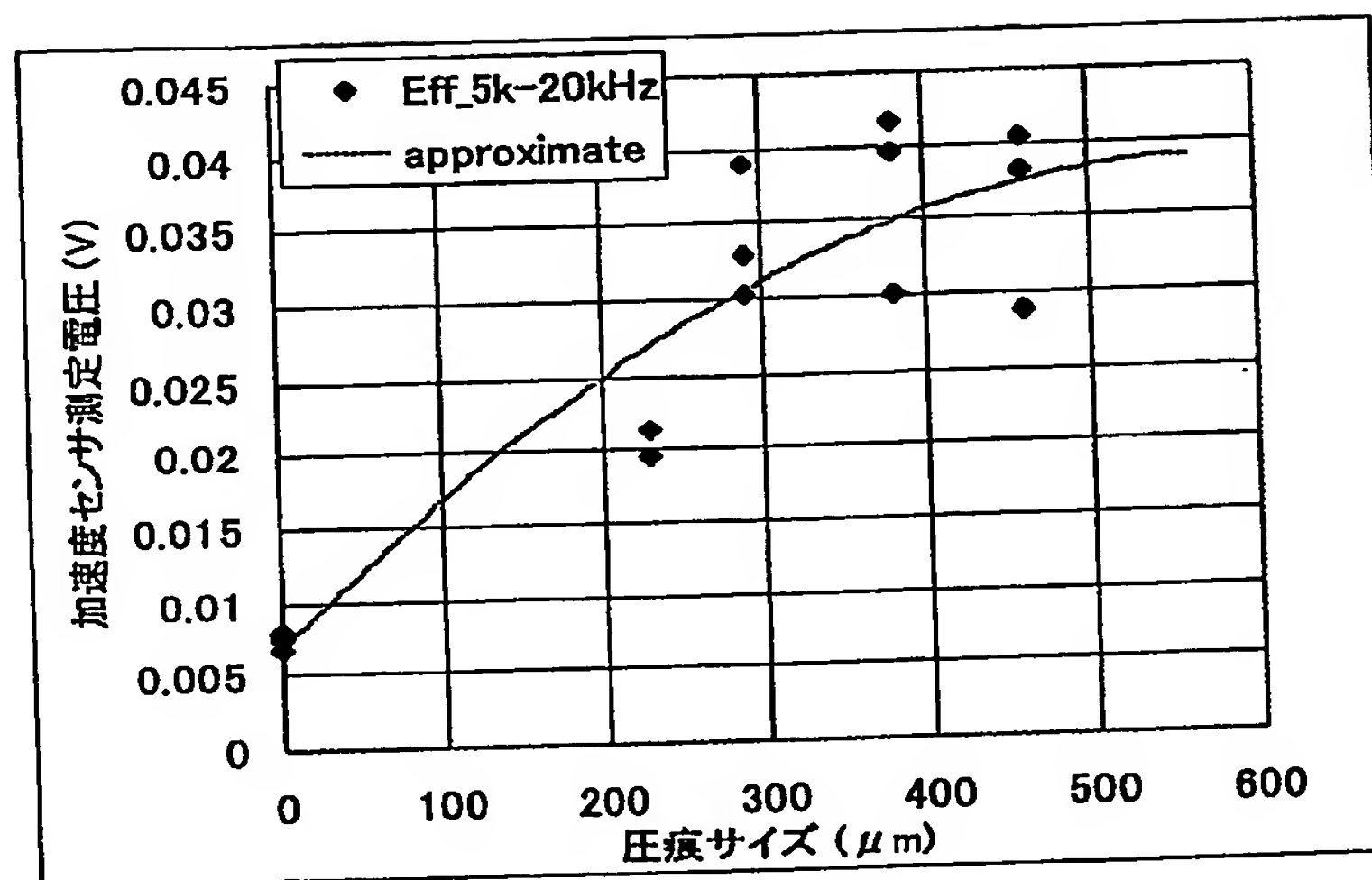
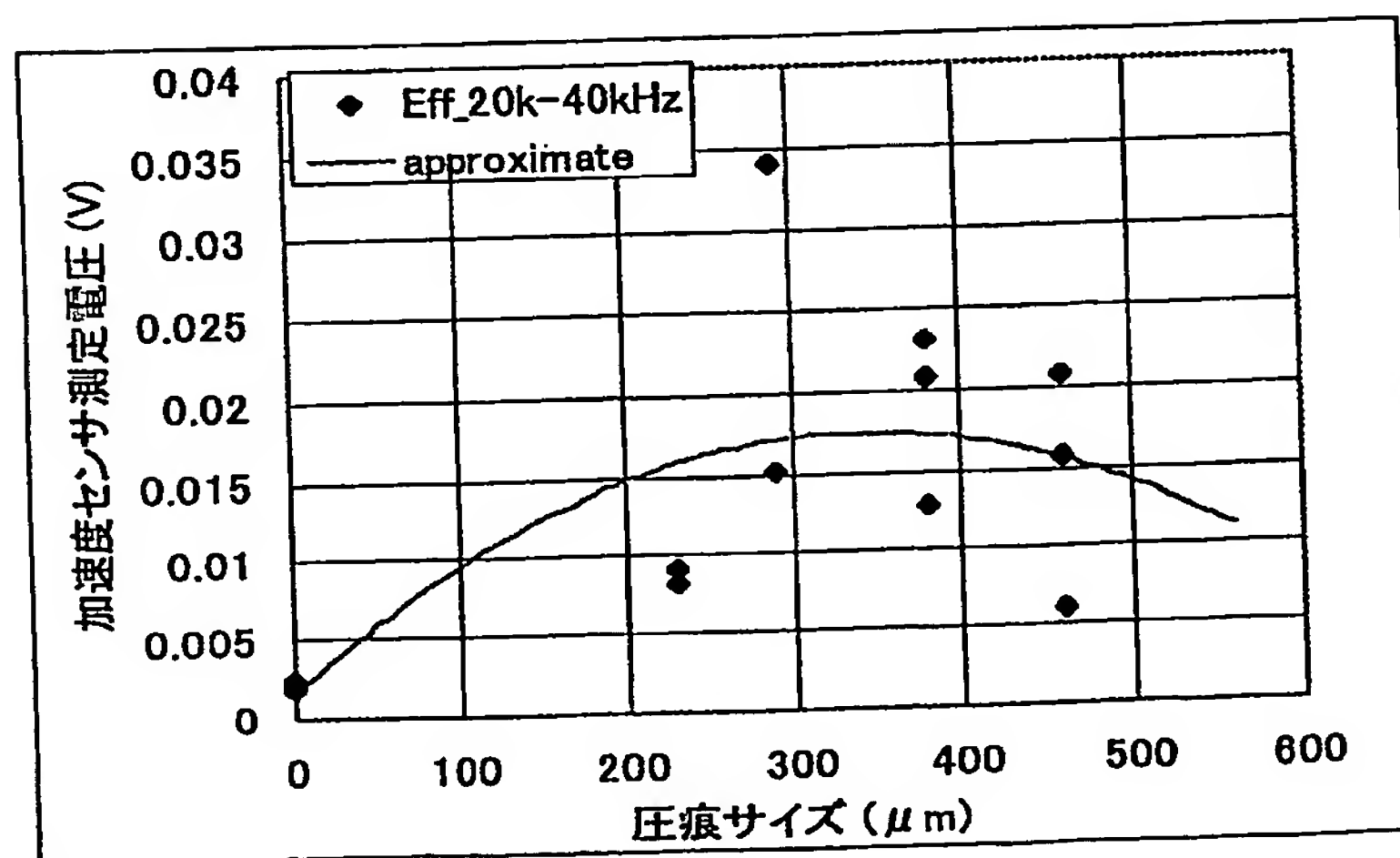


Fig.8



8 / 9

Fig.9

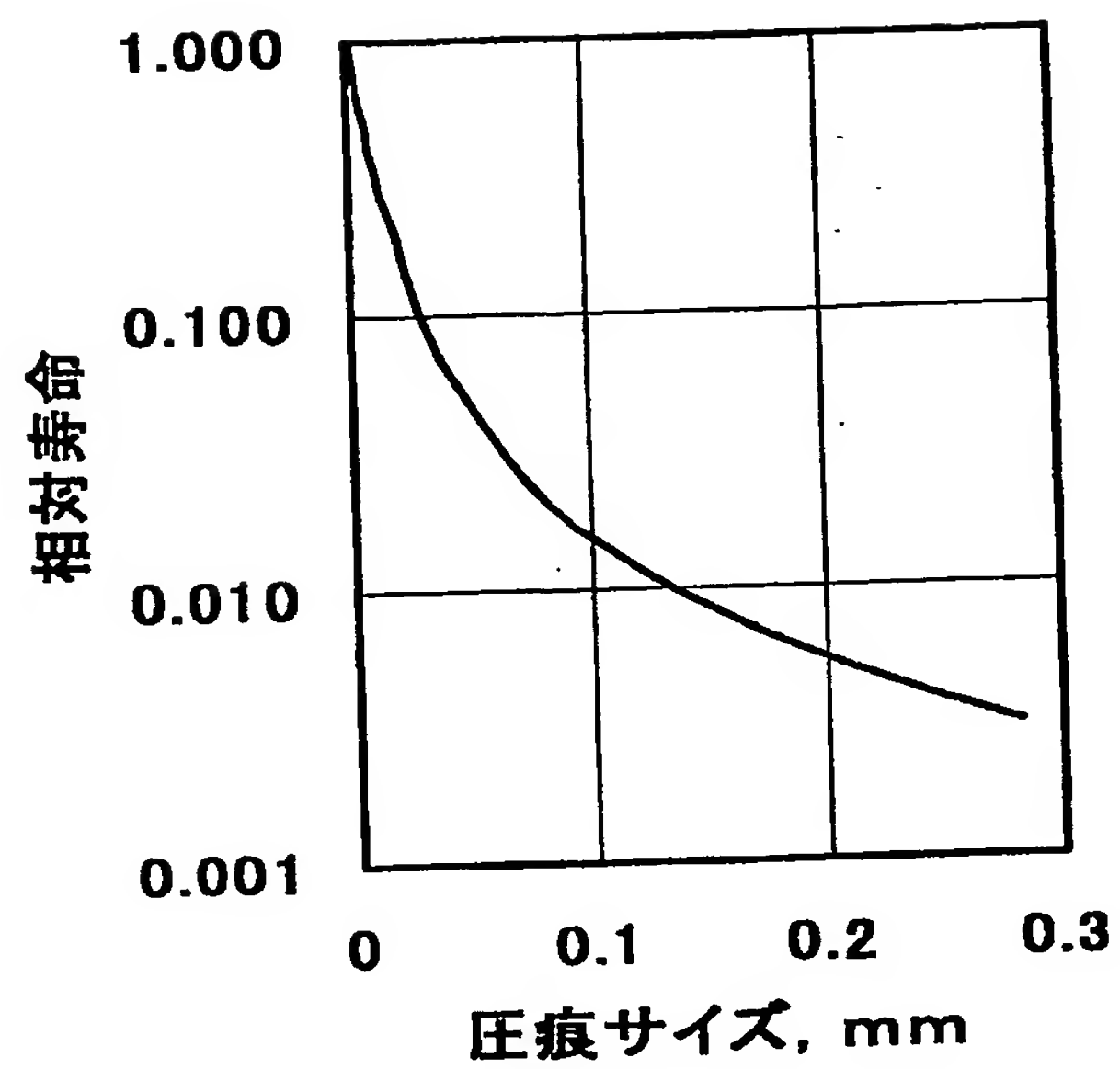


Fig.10

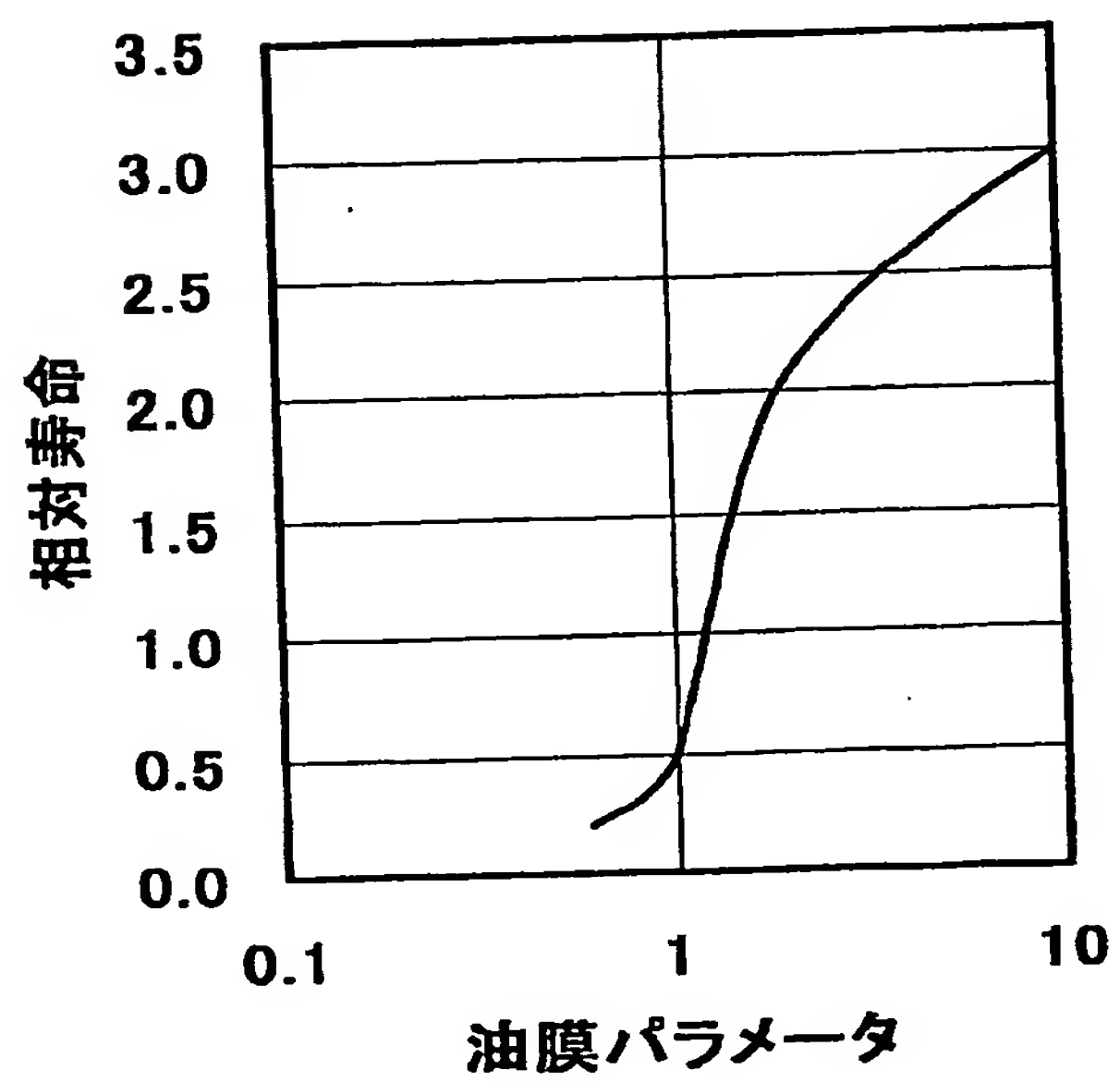
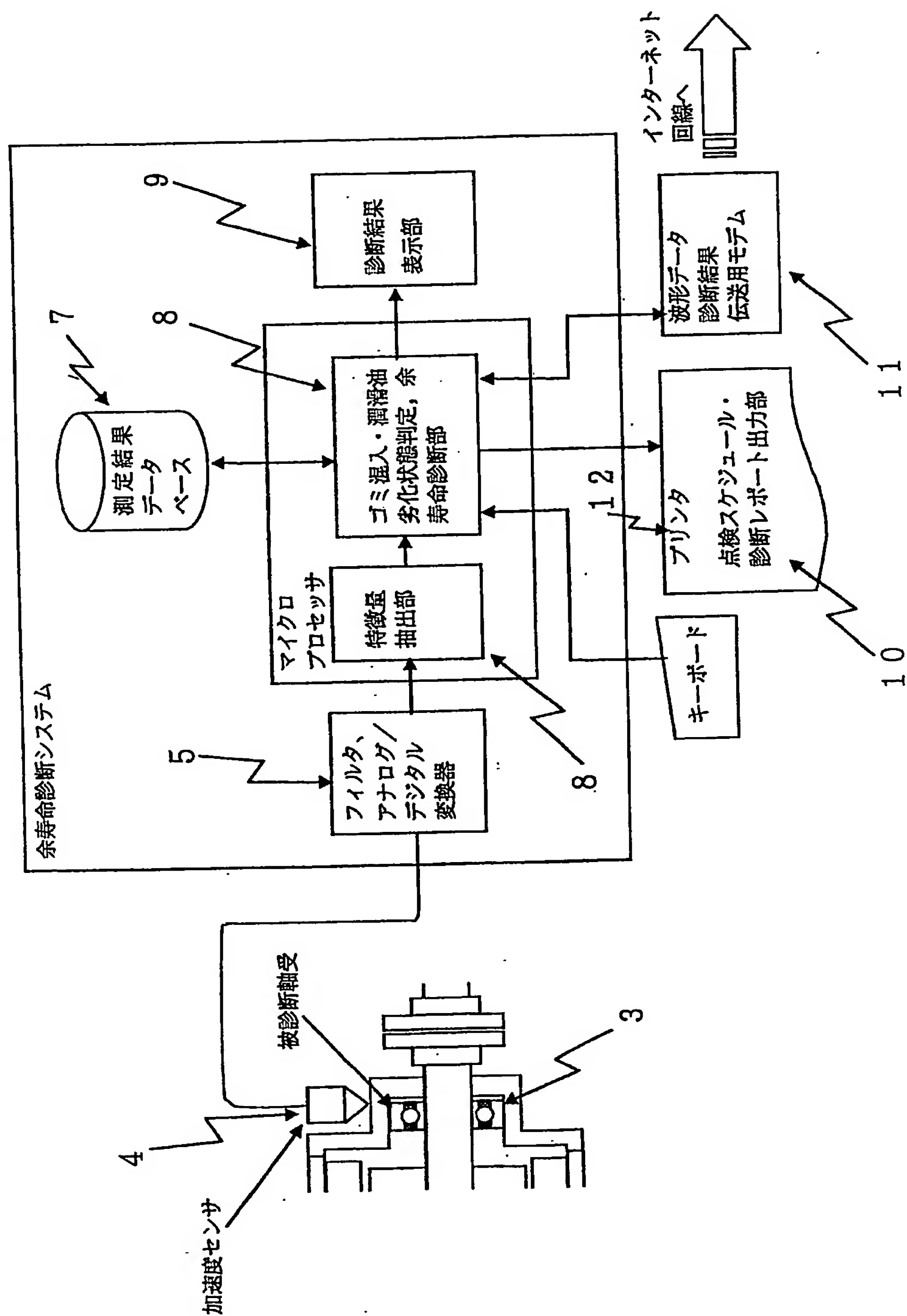


Fig.11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06652

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01M13/04, G01H17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01M13/00, G01H17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE(JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-148148 A (NSK Ltd.), 22 May, 2002 (22.05.02), Full text; Figs. 1 to 33 & EP 1184813 A & US 2002-46012 A	1-43
A	JP 2001-124665 A (Toshiba Corp.), 11 May, 2001 (11.05.01), Full text; Figs. 1 to 21 (Family: none)	1-43
A	JP 11-2239 A (NSK Ltd.), 06 January, 1999 (06.01.99), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-43

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
16 October, 2003 (16.10.03)

Date of mailing of the international search report
28 October, 2003 (28.10.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06652

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-311082 A (Omron Corp.), 28 November, 1995 (28.11.95), Full text; Figs. 1 to 15 (Family: none)	1-43
A	JP 7-218334 A (Nippon Steel Corp.), 18 August, 1995 (18.08.95), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-43

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO3/06652

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G01M13/04, G01H17/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G01M13/00, G01H17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-148148 A (日本精工株式会社) 2002.05.22 全文 第1-33図 & EP 1184813 A & US 2002-46012 A	1-43
A	JP 2001-124665 A (株式会社東芝) 2001.05.11 全文 第1-21図 (ファミリーなし)	1-43

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.10.03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

本郷 徹

2J

8405

電話番号 03-3581-1101 内線 3251

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 11-2239 A (日本精工株式会社) 1999. 01. 06 全文 第1-6図 (ファミリーなし)	1-43
A	J P 7-311082 A (オムロン株式会社) 1995. 11. 28 全文 第1-15図 (ファミリーなし)	1-43
A	J P 7-218334 A (新日本製鐵株式会社) 1995. 08. 18 全文 第1-5図 (ファミリーなし)	1-43